



⑮ BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Patentschrift
⑩ DE 42 43 978 C 1

⑤① Int. Cl.⁵:
G 01 C 9/00
G 01 P 15/12
G 01 D 3/04
G 12 B 9/02

⑳ Aktenzeichen: P 42 43 978.7-52
㉑ Anmeldetag: 23. 12. 92
㉒ Offenlegungstag: —
㉓ Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: 5. 1. 94

DE 42 43 978 C 1

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

㉔ Patentinhaber:
Plöschinger, Heinz, Dipl.-Ing. (FH), 82319 Starnberg,
DE

㉕ Erfinder:
gleich Patentinhaber

㉖ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht gezogene Druckschriften:
DE 40 34 962 C1

㉗ Neigungs- und Beschleunigungs-Sensor

㉘ Gegenstand dieser Erfindung ist ein Neigungs- und Beschleunigungssensor, bei dem ein Fluid die Funktion des bewegten Teiles übernimmt. Er basiert auf einem hochsensiblen, temperaturabhängigen Widerstandselement, dessen Temperatur bzw. Leistungsaufnahme von der Dichte und der Bewegung des umgebenden Fluids abhängig ist. Er registriert kleinste Veränderungen der Temperatur bzw. der Leistungsabgabe an das ihn umgebende, wärmeleitende Fluid.

In einem Gravitations- und/oder Beschleunigungsfeld strömt das am beheizten Widerstandselement erwärmte Fluid in Gegenrichtung von Massenanziehung und Trägheit (archimedischer Auftrieb). Diese konvektive Strömung ist von der Intensität und Richtung des entsprechenden Feldes abhängig. Durch geeignete Anordnung von zwei oder mehreren derartigen Widerstandselementen wird die entsprechende feldabhängige Wärmeabgabe in ein elektrisches Signal übergeführt. Das registrierte Signal folgt in Amplitude und Frequenz den Bewegungen der Sensorstruktur sowohl bei der Translations- als auch bei der Rotationsbewegung. Wählt man ein Gas als bewegtes Teil, so gilt noch zusätzlich: die zur Messung herangezogene bewegte Masse (Gas) ist klein und zudem komprimierbar. Dadurch ergibt sich auch ein Dichtegradient entlang des Feldvektors. Es genügen kleinste Kräfte zur Auslenkung. Die maximal zulässige Beschleunigung ist deshalb nur von der Struktur der mit dem Gehäuse fest verbundenen Widerstandselemente abhängig. Sowohl im konventionellen Aufbau als ...

DE 42 43 978 C 1

BEST AVAILABLE COPY

1. Stand der Technik

In der Patentschrift DE 40 43 962 C1 wird ein Prüfverfahren zur Qualitätskontrolle von Glühbirnen beschrieben, das auf dem in der Patentschrift DE-AS 12 44 452 genannten Prinzip beruht. Danach erzeugt ein beheizter Glühfaden in einem gasgefüllten Hohlkörper eine konvektive Gasbewegung, die von der Beschaffenheit des Systems (Füllung und Wendel) sowie seiner Beschleunigung abhängt. Diese Strömung verändert die Temperatur und somit den Widerstand der Glühwendel. Die Auswertung dieser Änderung durch eine hochempfindliche Meßbrücke erlaubt Rückschlüsse auf die Gas- und Wendelbeschaffenheit oder könnte auch als Beschleunigungsindikator dienen (Anspruch 8).

2. Aufgabenstellung

Die Erfindung hat einen Neigungs- und Beschleunigungs-Sensor zum Ziel, der ein Fluid als bewegte Masse enthält. Im Gegensatz zur Patentschrift DE 40 34 962 C1 (und DE-AS 12 44 452) basiert der Meßeffekt jedoch nicht auf der Konvektionskühlung eines einzelnen Glühfadens bzw. der dadurch hervorgerufenen Widerstandsänderung dieses Fadens. Der erfindungsgemäße Sensor erfaßt mit zwei Elementen die Temperaturverteilung in einem sich aus der Konvektionsströmung ergebenden Isothermenfeld. Somit wird auch die Aufgabe gelöst, gleichzeitig eine Information über Betrag und Richtung einer Beschleunigung zu erhalten. Im Gravitationsfeld kann der erfindungsgemäße Sensor mit gleichem Aufbau als Neigungs-Sensor genutzt werden. Der in den Ansprüchen beschriebene Sensor erfüllt alle Kriterien der vorgenannten Aufgabenstellung.

Beschreibung

(Beispiel: gasgefüllter Sensor)

Der erfindungsgemäße Neigungs- und Beschleunigungs-Sensor besteht aus einem Gehäuse und der darin eingebauten Sensorstruktur (Fig. 1). Das luftdichte, isotherme Sensorgehäuse ist mit einem adäquaten (Edel-) Gas bei optimalen Druck gefüllt. Konstruktiv wird ein Minimum an Wärmebrücken zwischen Sensorgehäuse und Sensorstruktur angestrebt. Dadurch wird ermöglicht, mit geringer Leistung die Sensorstruktur gegenüber dem Gehäuse auf ein höheres Temperaturniveau anzuheben. Die sich ergebende, konvektive Strömung im Inneren des Sensorgehäuses ist von Intensität und Richtung des umgebenden Gravitations- und Beschleunigungsfeldes abhängig.

Jegliche Bewegung der Sensorstruktur (Neigung oder Beschleunigung) bewirkt ihre Verschiebung im Temperatur- und Strömungsfeld der Kammer und somit ein entsprechendes elektrisches Signal.

Die Sensorstruktur kann aus zwei oder mehreren Widerstandselementen bestehen. Mindestens eines davon ist beheizt.

Eine Anordnung mit zwei parallelen, in einer Ebene liegenden Widerstandselementen (Fig. 2a), bei der ein Element eine höhere Temperatur hat als das andere, ergibt eine vom ersten zum zweiten Element gerichtete Struktur, die wir mit dem Sensorvektor i beschreiben. Die gleiche Anordnung jedoch mit beiden Widerstands-

elementen auf gleiche höhere Temperatur gebracht, erlaubt die Erfassung von Signalen in beiden Richtungen dieser Ebene.

Mit zwei zum mittleren symmetrisch angeordneten Elementen (Fig. 2b) kann das System in vielen Varianten betrieben werden: die Elemente einzeln auf konstante Temperatur geregelt, Spannung oder Strom geregelt oder fest eingestellt, die seitlichen Elemente in Brückenschaltung (Fig. 3a und 3b) oder einzeln geregelt (die Brückenverschiebung dient als Neigungs- und Beschleunigungs-Signal). Eine derart betriebene gerichtete Sensorstruktur dient als eindimensionaler Neigungs- und Beschleunigungs-Sensor.

Zweidimensionale Neigungs- und Beschleunigungs-Sensoren sind in Fig. 2c und 2d wiedergegeben. Sie bestehen aus in zwei rechtwinklig zueinander stehenden Ebenen angeordneten Widerstandselementen, in symmetrischer Lage zu dem zentral befindlichen einzigen Heizelement. Dasselbe kann man mit zwei getrennten eindimensionalen Strukturen erreichen. Die Beschreibung dieses Aufbaus geschieht dann mit zwei Sensorvektoren i und j .

Zur Abdeckung aller drei Dimensionen ist eine Kombination der vorher beschriebenen Strukturen möglich (Fig. 2e).

Die Außentemperaturabhängigkeit des Signals eines der vorbeschriebenen Sensoren ist in Fig. 4b exemplarisch wiedergegeben. Die Gesamtleistung, die dem System zugeführt werden muß, um ein bestimmtes erhöhtes Temperaturniveau aufrechtzuerhalten, ist zugleich ein Maß für die Temperatur des Sensorgehäuses und somit der Umgebung. Diese Größe kann zur Kompensation des Temperaturganges der Umgebung herangezogen werden.

Bemerkung

Der erfindungsgemäße Neigungs- und Beschleunigungs-Sensor spricht auf die Resultierende von Gravitations- und Inertialfeld an.

Anwendungsmöglichkeiten

a) Neigungs-Sensor

Das Sensor-Signal wird als Neigungswinkel geeicht (der Winkel zwischen dem Sensorvektor und der Horizontalen, Fig. 4a). Die Beziehung zwischen Neigungswinkel α und Signal U ist in Fig. 4b dargestellt und für Winkel unter 45 Grad gilt:

$$U = p \cdot \alpha \quad (1)$$

Als praktische Anwendungsfälle seien beispielhaft angeführt: Neigungserfassung in Flugzeugen, Land- und Wasserfahrzeugen, Aufstellhilfe für Maschinen, elektronische Wasserwaage, Kran-Ausleger-Überwachung, Baggersteuerung, Bügeleisenüberwachung, Schwimmerschalter und Füllstandsmessung.

b) Beschleunigung-Sensor

Das Sensor-Signal wird in Beschleunigungseinheiten geeicht. Es ist für kleine Beschleunigungen proportional mit der Beschleunigung. Dafür gilt die Beziehung:

$$U = q \cdot a \cdot \cos \alpha \quad (2)$$

wo q eine Konstante ist und α der Winkel zwischen dem Inertialvektor a und dem Sensorvektor i (Fig. 5a). Die allgemeine Abhängigkeit zwischen Beschleunigung und Signal zeigt Fig. 5b. Bei langsamer Neigungsänderung läßt sich das Signal durch Tiefpaß vom Vibrationssignal trennen.

Als praktische Anwendungsfälle (zum Teil in Verbindung mit dem Neigungs-Sensor) seien erwähnt: die elektronische Erfassung und Registrierung der Bewegung (einschließlich der Richtung) von Land-, Wasser-, Luft- und Raumfahrzeugen, Unfalldatenspeicher, Stoßschalter (Airbag), automatische Regelung des Antriebes oder des Bremsvorganges bei Fahrzeugen, Vibrationsüberwachung, Maschinendiagnose, Maschinen-Laufzeiterfassung, Schwingungsanalyse (Beben) usw.

Patentansprüche

1. Neigungs- und Beschleunigungs-Sensor, dadurch gekennzeichnet, daß in einer geschlossenen, fluidgefüllten Kapsel mindestens zwei temperaturabhängige elektrische Widerstände angeordnet sind, von denen mindestens einer beheizt ist, und die konvektive Strömung ausgewertet wird, die sich in einem Schwere- oder Trägheitsfeld im Fluid einstellt.
2. Sensor gemäß Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorstruktur aus drei Widerstandselementen aufgebaut ist.
3. Sensor gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die drei Widerstände in einer Ebene, parallel und äquidistant sind.
4. Sensor gemäß Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die drei Widerstandselemente zwei rechtwinklig zueinander stehende Ebenen bilden.
5. Sensor gemäß Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Widerstandselemente in einer auf Null abgeglichenen Brückenschaltung ein Differenzsignal erzeugen, das in direktem Bezug zum Neigungswinkel bzw. zur Beschleunigung des Sensor-Systems steht.
6. Sensor gemäß Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß mindestens eines der Widerstandselemente auf konstante Temperatur geregelt wird.
7. Sensor gemäß Anspruch 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Gesamtleistungsaufnahme der Widerstände als Maß für die Umgebungstemperatur verwendet wird.
8. Sensor gemäß Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß die gemessene Umgebungstemperatur zur Kompensation des Temperaturganges verwendet wird.
9. Sensor gemäß Anspruch 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß für Schwingungen mit Frequenzen oberhalb der Relaxationsgrenze des Meßfluids über einen Hochpaßfilter die Trägheitsschwingungen des Fluids selbst registriert werden.
10. Neigungs- und Beschleunigungs-Sensor gemäß Anspruch 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorstruktur auf Keramiksubstrat angebracht ist.
11. Neigungs- und Beschleunigungs-Sensor gemäß Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß Sensorstruktur und Auswerteschaltung gemeinsam auf Keramiksubstrat angebracht sind.
12. Neigungs- und Beschleunigungs-Sensor gemäß Anspruch 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensorstruktur unter Verwendung der bekannten Strukturierungsverfahren aus dem Trägermaterial

Silizium hergestellt wird.

13. Sensor gemäß Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß auf dem Silizium-Chip mit der Sensorstruktur auch die Auswerteschaltung integriert ist (Mikrosystem).

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

- Leerselte -

Fig.1

Schnitt durch Sensorgehäuse mit eingebauter
Sensorstruktur

- 1 - Gehäuse
- 2 - Widerstandselemente
- 3 - Kontaktstifte
- 4 - Füllgas

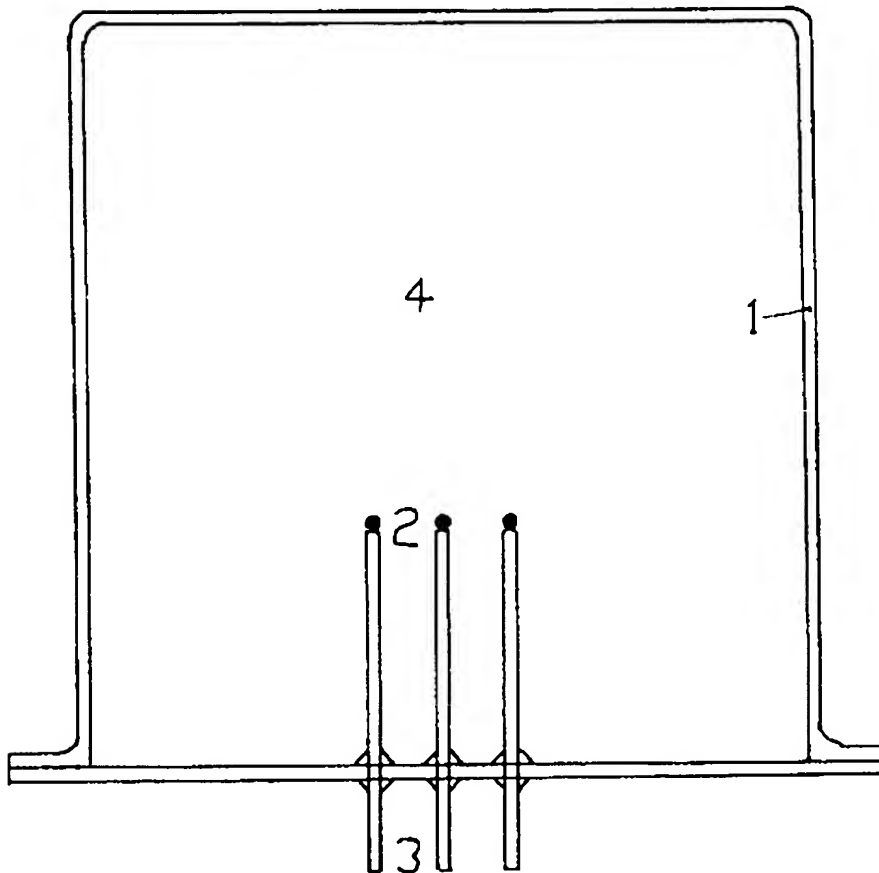


Fig. 2a

Perspektive mit Sensorvektor i

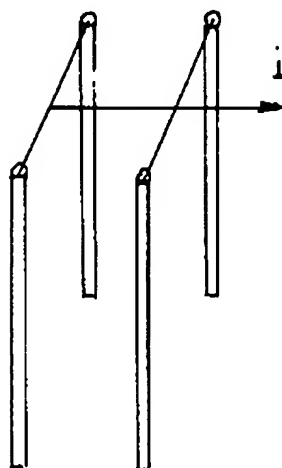


Fig. 2b

Sensorstruktur mit drei Elementen in einer Ebene und Sensorvektor i

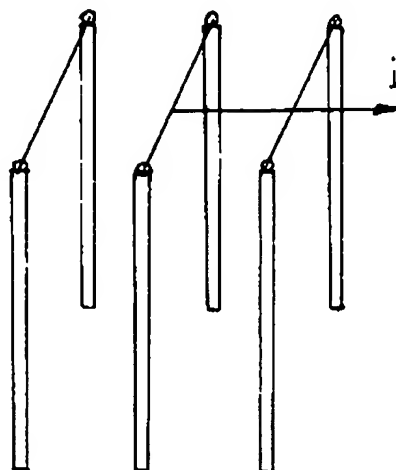


Fig. 2c

Zweidimensionale Sensorstruktur mit drei rechtwinklig angeordneten Elementen und zwei Sensorvektoren i und j

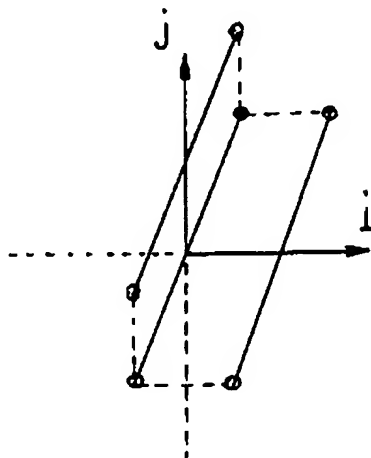


Fig. 2d

Zweidimensionale Sensorstruktur mit fünf, in rechtwinklig zueinander stehenden Ebenen angeordneten Elementen

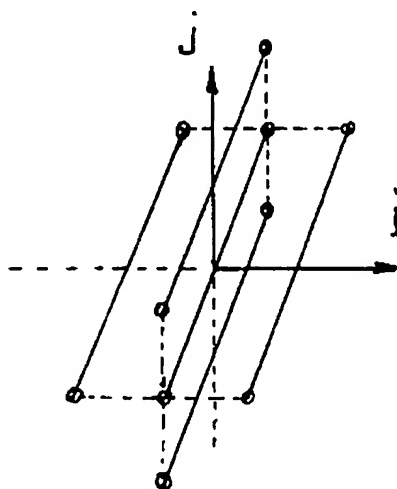


Fig.2e

Dreidimensionaler Aufbau

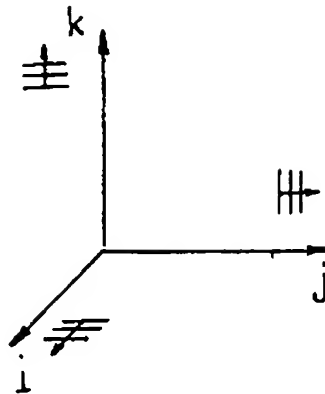


Fig. 3a

Schaltungsschema 1

- 1 - Geber
- 2 - Nehmer
- 3 - Galvanometer oder Differenzverstärker
- 4 - temperaturgeregelte oder konstante Versorgung

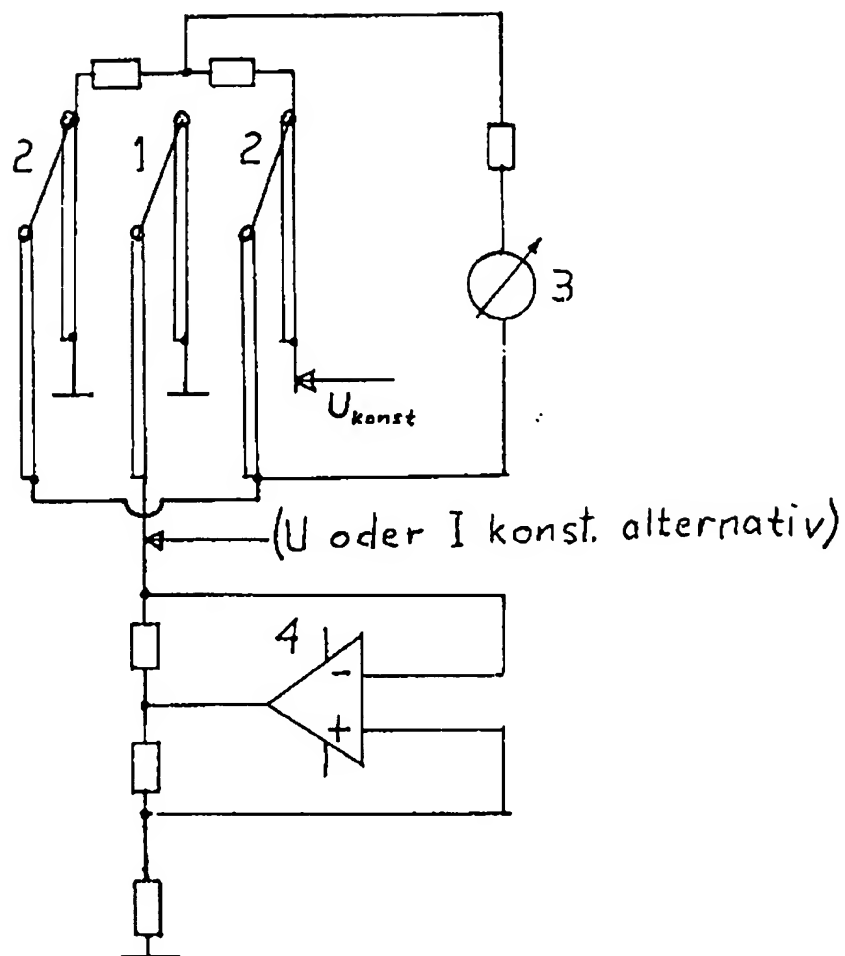


Fig. 3b

Schaltungsschema 2

- 1 - temperaturgeregelte oder konstante Versorgung
des Gebers
- 2 - Differenzverstärker
- 3 - Sensorstruktur
- 4 - Temperaturregelungsverstärker der Brücke

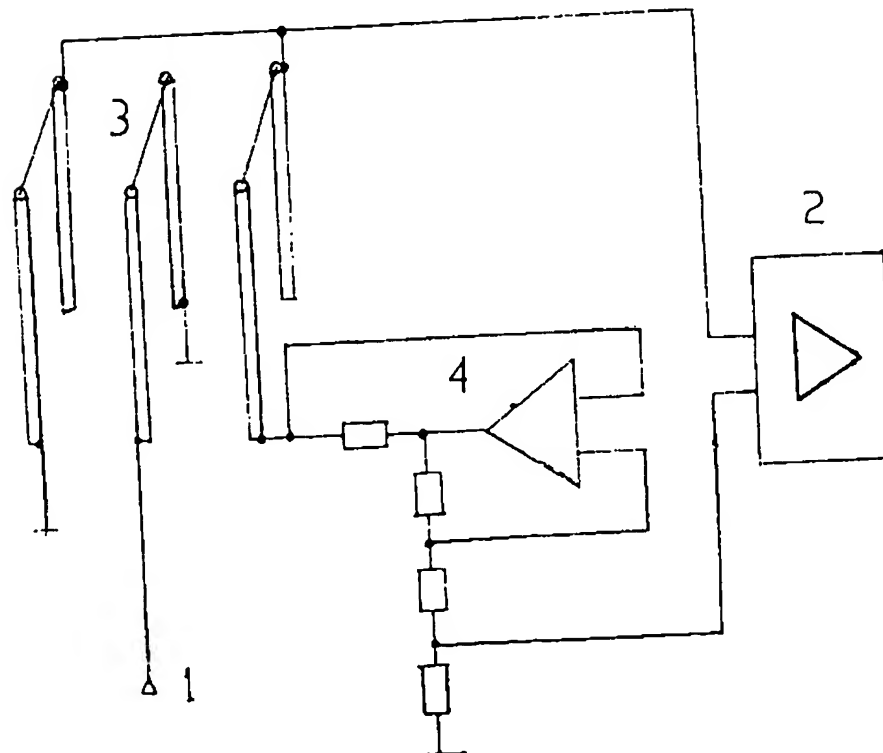


Fig.4a

Neigungswinkel der Sensorstruktur

- 1 - Horizontale
- 2 - Sensorvektor i
- 3 - Neigungswinkel

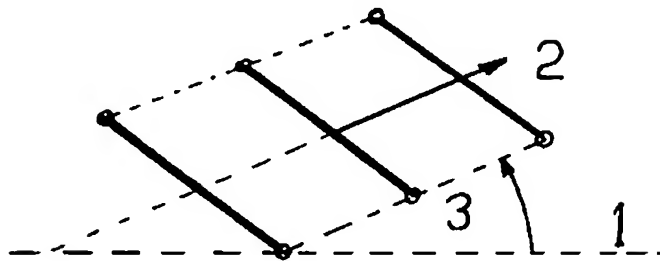


Fig.4b

Abhängigkeit des Signals U (Volt) von dem Neigungswinkel α ($^\circ$) bei verschiedenen Umgebungstemperaturen

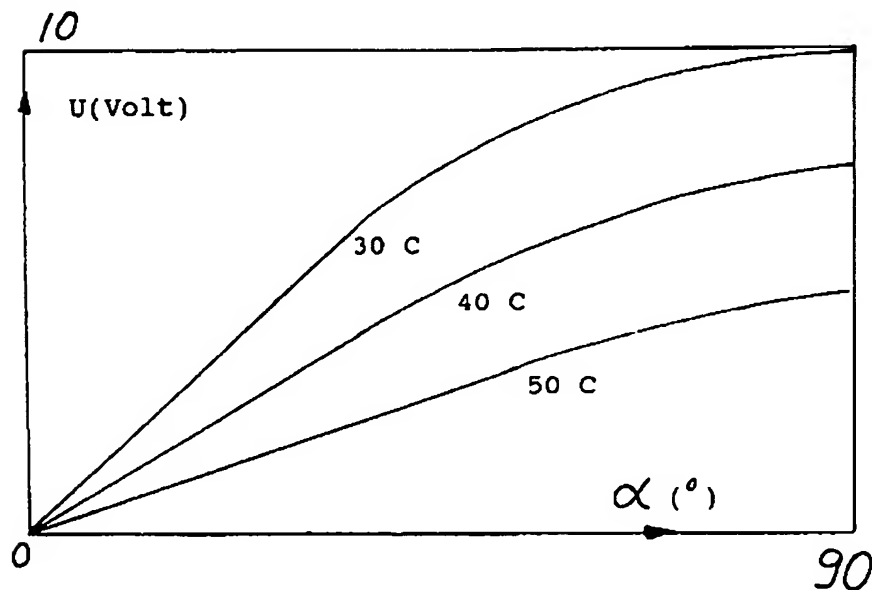


Fig. 5a

Beschleunigung und Sensorstruktur

- 1 - Sensorvektor i
- 2 - Beschleunigungsvektor a

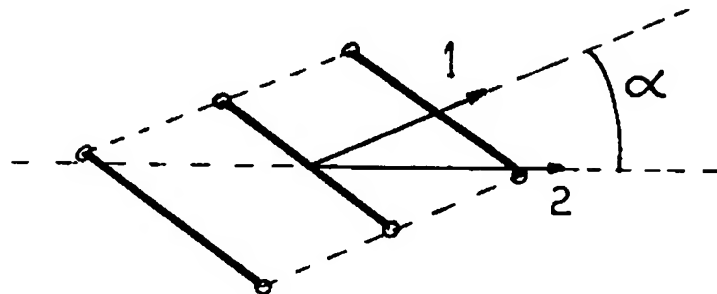
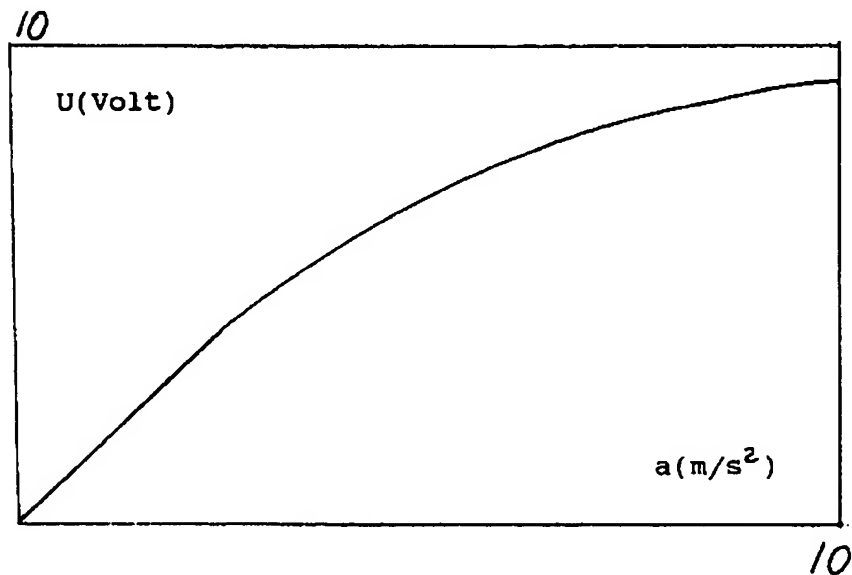


Fig. 5b

Abhängigkeit des Signals $U(\text{Volt})$ von der Beschleunigung $a(\text{m/s}^2)$ entlang des Sensorvektors



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.